



DEUTSCHES  
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 32 41 821.3  
22 Anmeldetag: 11. 11. 82  
43 Offenlegungstag: 17. 5. 84

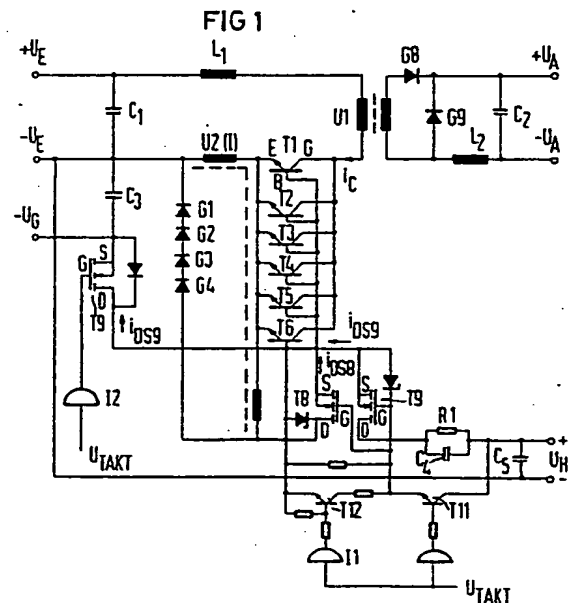
DE 3241821 A1

71 Anmelder:  
Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München, DE

72 Erfinder:  
Brakus, Bogdan, Dipl.-Ing., 8039 Puchheim, DE;  
Rühfel, Josef, Dipl.-Ing., 8000 München, DE

54 Schaltungsanordnung für Umrichter

Der im Lastkreis eines Umrichters angeordnete durch eine externe Taktquelle ( $U_{TAKT}$ ) periodisch ein- und ausschaltbare Leistungshalbleiterschalter (T1 bis T6) wird durch drei Leistungs-MOS-Feldeffekttransistoren (SIPMOS T7, T8, T9) gesteuert. Einer (T7) dieser Transistoren verbindet die Steuerelektrode (B) des Leistungshalbleiterschalters (T1 bis T6) über einen Kondensator (C4) periodisch mit einer Hilfsspannungsquelle ( $U_H$ ) und bewirkt durch den Ladestrom des Kondensators (C4) ein rasches Durchschalten. Ein weiterer Transistor (T8) schaltet periodisch einen niederohmigen Rückkopplungskreis für die Leistungshalbleiterschalter (T1 bis T6) ein. Der dritte Transistor (T9) bewirkt durch periodisches Anschalten einer Gegenspannung ( $U_G$ ) in den Ausschaltphasen der Taktquelle ( $U_{TAKT}$ ) ein rasches Ausräumen der Steuerstrecke (BE) der Leistungshalbleiterschalter (T1 bis T6).



DE 3241821 A1

Patentansprüche1. Schaltungsanordnung für Umrichter

- 5 - mit wenigstens einem Leistungshalbleiterschalter, dessen gesteuerte Strecke einen primären Lastkreis eingefügt ist,
- mit einer externen Taktquelle zum periodischen Ein- und Ausschalten des Leistungshalbleiterschalters und damit zur Umwandlung einer Eingangsgleichspannung in eine transformierbare Wechselspannung,
- 10 - mit einem Übertragerelement zur Rückkopplung eines aus dem in dem primären Lastkreis fließenden Strom abgeleiteten Signals in den Steuerkreis des Leistungshalbleiterschalters
- 15 - sowie mit Schaltmitteln zur Beseitigung von elektrischer Ladung aus der von der Steuerstrecke des Leistungshalbleiterschalters gebildeten Kapazität zu Beginn der von der externen Taktquelle bestimmten Ausschaltphasen,
- g e k e n n z e i c h n e t   d u r c h
- 20 - einen ersten Halbleiterschalter (T8) mit niederohmiger Schaltstrecke, der durch die genannte externe Taktquelle ( $U_{\text{TAKT}}$ ) steuerbar ist und mittels dessen der eine Wicklung (U2(II)) des genannten Übertragerelementes (U2) enthaltende Rückkopplungspfad im Steuerkreis des in den primären Lastkreis eingefügten Leistungshalbleiterschalters (T1 bis T6) periodisch ein- und ausschaltbar ist,
- 25 - sowie einen zweiten Halbleiterschalter (T9) mit niederohmiger Schaltstrecke, der von der externen Taktquelle ( $U_{\text{TAKT}}$ ) im Gegentakt zu dem genannten ersten Halbleiterschalter (T8) periodisch aus- und einschaltbar ist und mittels dessen die Steuerstrecke des Leistungshalbleiterschalters (T1 bis T6) in einem zu dem den erstgenannten Halbleiterschalter (T8) enthaltenden Rückkopplungspfad parallelen Stromkreis mit einer Gleichspannungsquelle ( $U_G$ ) verbindbar ist, deren Polarität der Sperrichtung der genannten Steuerstrecke entspricht.
- 30
- 35

2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t , daß ein dritter Halbleiter-  
schalter (T7) mit niederohmiger Schaltstrecke vorgesehen  
ist, der im Gleichtakt mit dem ersten Halbleiterschalter  
5 (T8) von der externen Taktquelle ( $U_{TAKT}$ ) ein- und aus-  
schaltbar ist und mittels dessen der Steuerkreis des Lei-  
stungshalbleiterschalters (T1 bis T6) periodisch an eine  
der Durchlaßrichtung von dessen Steuerstrecke (B-E) ent-  
sprechende Hilfsspannungsquelle ( $U_H$ ) anschaltbar ist.
- 10 3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 2, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t , daß in den von dem dritten  
Halbleiterschalter (T7) einschaltbaren von der Hilfsspan-  
nungsquelle ( $U_H$ ) gespeisten Steuerstromkreis des Lei-  
15 stungshalbleiterschalters (T1 bis T6) ein Kondensator  
(C4) zur zeitlichen Begrenzung des von der Hilfsspannungs-  
quelle ( $U_H$ ) gelieferten Steuerstromes eingefügt ist.
- 20 4. Schaltungsanordnung nach Anspruch 3, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t , daß der genannte Kondensa-  
tor (T4) von einem Widerstand (R1) zur wertmäßigen Be-  
grenzung des von der Hilfsspannungsquelle ( $U_H$ ) an die  
Steuerstrecke (BE) des Leistungshalbleiterschalters (T1  
bis T6) gelieferten Stromes nach Abklingen des durch die  
25 Umladung des Kondensators (C4) bewirkten Stromimpulses  
überbrückt ist.
5. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden An-  
sprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
30 - daß zwei Transistoren (T11 und T12) vorgesehen sind, de-  
ren Basiselektroden mit der externen Taktquelle ( $U_{TAKT}$ )  
verbunden sind und die von letzterer ( $U_{TAKT}$ ) im Gegentakt  
in ihren leitenden bzw. nichtleitenden Zustand steuerbar  
sind,  
35 - daß die Emitter-Kollektor-Strecke des ersten (T11) die-

BAD ORIGINAL

ser Transistoren (T11, T12), der während der Einschaltphase der Taktquelle ( $U_{\text{TAKT}}$ ) seinen leitenden Zustand innehat, die Steuerelektrode (G) des ersten Halbleiterschalters (T8) mit der Hilfsspannungsquelle ( $U_H$ ) verbindet,

5 - und daß der zweite Transistor (T12), der während der Ausschaltphasen der Taktquelle ( $U_{\text{TAKT}}$ ) seinen leitenden Zustand innehat, mit seiner Kollektor-Emitter-Strecke die Steuerstrecke (G-S) des ersten Halbleiterschalters (T8) überbrückt.

10 6. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Steuerstrecke (G-S) des dritten Halbleiterschalters (T7) derjenigen des ersten Halbleiterschalters (T8) parallelgeschaltet ist.

15 7. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die in dem von dem ersten Halbleiterschalter (T8) ein- und ausschaltbaren Rückkopplungszweig des Leistungshalbleiterschalters (T1 bis T6) gelegene Wicklung ( $U2(\text{II})$ ) des Übertrageres (U2) von einem polungsabhängigen spannungsbegrenzenden Schaltelement (G1 bis G4) überbrückt ist, welches für die Induktionsspannung, die dem im Ausschaltzeitpunkt des ersten Halbleiterschalters (T8) in der genannten Wicklung ( $U2(\text{II})$ ) gespeicherten Strom entspricht, einen niederohmi-

25 30 8. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß der erste und/oder der zweite und/oder der dritte Halbleiterschalter (T7, T8, T9) Leistungs-MOS-Feldeffekttransistoren sind.

SIEMENS AKTIENGESellschaft  
Berlin und München

- 4 -  
Unser Zeichen

VPA 82 P 2005 DE

5 Schaltungsanordnung für Umrichter

Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung der im Gattungsbegriff des Patentanspruches 1 beschriebenen Art.

- 10 Ein bevorzugtes Anwendungsgebiet der Erfindung sind Gleichstromumrichter, Schaltnetzteile und Wechselrichter. Wenn derartige Geräte sehr hohe Ausgangsleistungen erbringen sollen, treten Probleme auf, die sich mit der herkömmlichen Schaltungstechnik nicht befriedigend lösen lassen: Wenn ein
- 15 Wechselrichter bei einer Eingangsspannung von beispielsweise 40 V eine Ausgangsleistung von beispielsweise 6 kW erbringen soll, müssen die im Lastkreis angeordneten Leistungshalbleiterschalter Ströme von etwa 200 Ampere schalten. Aus bekannten Gründen (kleine Transformatoren) soll die Schalt-
- 20 frequenz etwa 20 kHz oder mehr betragen und die Schaltverluste sollen so gering wie möglich sein. Andererseits soll die Ansteuerleistung der Hilfsquellen, z.B. der externen Taktquelle zum periodischen Ein- und Ausschalten der Leistungshalbleiterschalter möglichst gering bleiben.

25 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Schaltungsanordnung zu schaffen, die diese zum Teil einander widersprechenden Forderungen in Einklang bringt.

- 30 Diese Aufgabe wird durch eine Schaltungsanordnung mit den Merkmalen des Patentanspruches 1 gelöst.

Ein wichtiger Vorteil der Schaltungsanordnung gemäß der Erfindung besteht darin, daß das Übertragerelement zur Rück-

35 kopplung eines aus dem im Lastkreis fließenden Strom abge-

Wf 1 Gru / 25.10.1982

leiteten Signals in den Steuerkreis des Leistungshalbleiterschalters außerordentlich einfach ausgebildet werden kann. Da der im Steuerkreis des Leistungshalbleiterschalters liegende Rückkopplungspfad durch die Verwendung eines Halbleiterschalters mit niederohmiger Schaltstrecke (Leistungs-  
5 MOS-Transistor) sehr niederohmig ist, kann ein z.B. aus einem Ringkern bestehendes Übertragerelement verwendet werden, dessen Sekundärwicklung aus wenigen Windungen besteht und dessen Primärwicklung von einer durch den Kern hindurchlaufenden Zuleitung des Lastkreises gebildet wird.  
10 Durch das schnelle Ein- und Ausschalten der im Lastkreis liegenden Leistungshalbleiterschalter ergeben sich Stromänderungsgeschwindigkeiten von der Größenordnung 1A/1ns. Herkömmliche Umrichter der gattungsgemäßen Art besitzen  
15 Übertragerelemente, die im allgemeinen vier Wicklungen aufweisen: Eine im Lastkreis angeordnete Primärwicklung für die Rückkopplung in den Steuerkreis des Leistungshalbleiterschalters, eine im Steuerkreis des letzteren angeordnete entsprechende Sekundärwicklung, ferner eine Wicklung  
20 zur Einkopplung des EIN-Signals der externen Taktquelle sowie eine Wicklung zur Einkopplung des AUS-Signals für den Leistungshalbleiterschalter. Die Gegenspannung für das schnelle "Ausräumen" der Steuerstrecke des Leistungshalbleiterschalters zu Beginn der Ausschaltphase wird bei bekannten Schaltungen an einem von einem Richtleiter überbrückten Kondensator im Steuerkreis des Leistungshalbleiterschalters erzeugt. Da die wirksame Steuerspannung um  
25 den Wert dieser "Ausräumspannung" verringert wird, ist ein Kompromiß zu schließen zwischen dem Steuerspannungs- bzw. Strombedarf für den Leistungshalbleiterschalter und der  
30 Größe der Ausräumspannung. Ein solcher Kompromiß ist für Umrichter sehr hoher Leistung nicht mehr tolerierbar. Die Schaltungsanordnung gemäß der Erfindung schafft hier Abhilfe. Ein weiterer Nachteil der bei bekannten Schaltungs-  
35 anordnungen verwendeten Übertragerelemente bzw. der dort verwendeten Rückkopplungsschaltungen besteht darin, daß

ein vergleichsweise hoher Magnetisierungsstrom erforderlich ist, um ein hinreichend großes Rückkopplungssignal zu gewinnen. Die erfindungsgemäße Ausgestaltung des Rückkopplungskreises und damit des erwähnten Übertragerelementes hat den Vorteil, daß bei den sehr hohen Stromänderungsgeschwindigkeiten, die für Umrichter hoher Leistung erforderlich sind, weder die durch das Übertragerelement verursachten Verluste im Lastkreis noch die von den starken Stromänderungen verursachten Streuerscheinungen untolerierbar groß werden.

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche, auf die hiermit zur Verkürzung der Beschreibung ausdrücklich verwiesen wird. Die durch sie erzielbaren Vorteile ergeben sich aus der weiter unten gegebenen Beschreibung des in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels der Erfindung.

Im folgenden sei die Erfindung anhand der Zeichnungen näher erläutert:

Fig. 1 zeigt einen Gleichstromwandler mit einer Schaltungsanordnung gemäß der Erfindung,  
Fig. 2 zeigt eine Reihe von Zeitdiagrammen zur Veranschaulichung von Strom- und Spannungsverläufen an ausgewählten Punkten der Schaltung gemäß Fig. 1.

Die in Fig. 1 dargestellte Schaltung besitzt einen primären Lastkreis, der über eine Drossel L1, die Primärwicklung eines Transformators U1, die Emitter-Kollektor-Strecken E-C von sechs mit allen Elektroden parallelgeschalteten Leistungstransistoren T1 bis T6 und die Primärwicklung U2(I) eines Übertragerelementes U2 zur Rückkopplung verläuft und der von einer mit UE bezeichneten Eingangsspannungsquelle gespeist ist. Der primäre Lastkreis ist über einen Kondensator C1 sehr hoher Kapazität abgeblockt, so daß die durch

BAD ORIGINAL

schnelle Stromänderungen verursachten hochfrequenten Stromanteile nicht auf die Eingangsspannungsquelle UE bzw. die Zuleitungen zurückwirken.

- 5 Die Sekundärwicklung des Transformators U1 speist den Ausgangsstromkreis. Die an ihr auftretende Spannung wird in Gleichrichtern G8 und G9 gleichgerichtet und durch ein aus einer Drossel L2 und einem Kondensator C2 bestehendes Siebglied geglättet. An den Ausgangsklemmen steht die gewünschte Ausgangsspannung UA zur Verfügung.

- Der primäre Lastkreis wird von den Leistungstransistoren T1 bis T6 periodisch ein- und ausgeschaltet, so daß die Eingangsspannung UE transformierbar wird. Das Ein- und Ausschalten der Leistungstransistoren T1 bis T6 wird von einer externen Taktquelle  $U_{\text{TAKT}}$  gesteuert, deren Frequenz beispielsweise 20 KHz beträgt. In dem Basis-Emitter-Steuerkreis der Leistungstransistoren T1 bis T6 sind niederohmige Halbleiterschalter T7, T8 und T9 wirksam, deren Funktion im einzelnen weiter unten erläutert wird. Diese Halbleiterschalter sind vorzugsweise Leistungs-MOS-Feldeffekttransistoren, wie sie unter der Handelsbezeichnung SIPMOS allgemein bekannt sind. Zur Ansteuerung der Feldeffekttransistoren T7 bis T9 aus der externen Taktquelle  $U_{\text{TAKT}}$  dienen Pufferverstärker J1 bzw. J2. Den Feldeffekttransistoren T7 und T8, deren zwischen gate- und source-Elektroden G bzw. S liegende Steuerstrecken zueinander parallelgeschaltet sind und die mithin im Gleichtakt ein- und ausgeschaltet werden, sind noch Vorstufentransistoren T11 und T12 vorgeschaltet.

- Zur raschen Umsteuerung der Leistungshalbleiterschalter T1 bis T6 in den leitenden Zustand dient ein Stromimpuls, der aus einer Hilfsspannungsquelle  $U_H$  bezogen wird. In dem entsprechenden Stromkreis liegen ein Kondensator C4 und ein diesem parallelgeschalteter Widerstand R1. Ein der Hilfs-



spannungsquelle  $U_H$  parallelgeschalteter Kondensator C5 dient zur Abblockung.

Es ist ferner eine Gegenspannungsquelle  $U_G$  vorgesehen, die während der Ausschaltphasen der Taktquelle  $U_{TAKT}$  mit den Basis-Emitter-Strecken der Leistungshalbleiterschalter T1 bis T6 verbunden ist. Das Übertragerelement U2 besitzt ausser der bereits erwähnten Primärwicklung (I), die vorzugsweise ausschließlich aus der durch den entsprechenden Übertragerring hindurchgeführten Zuleitung zu den Emittern der Leistungshalbleiterschalter T1 bis T6 besteht, eine Sekundärwicklung (II) in welcher ein Rückkopplungsstrom für die Leistungshalbleiterschalter induziert wird.

Im folgenden sei die Wirkungsweise der dargestellten Schaltung unter Bezugnahme auf die in Fig. 2 gezeigten Zeitdiagrammen näher erläutert:

Die externe Taktquelle  $U_{TAKT}$  liefert die in der ersten Zeile von Fig. 2 dargestellten Taktimpulse an die Pufferverstärker J1. Der Ausschaltphase entspricht eine positive Signalspannung von beispielsweise +12 V, während die Einschaltphase durch Nullpotential gekennzeichnet ist. Zu Beginn einer Einschaltphase der Taktquelle gelangt der Transistor T11 durch das an seine Basis angelegte Nullpotential in den leitenden Zustand. Sein Kollektorstrom fließt über die gate-source-Strecken der Feldeffekttransistoren T7 und T8, so daß deren drain-source-Strecken niederohmig leitend werden. Hiedurch gelangt ein Steuerstrom aus der Hilfsspannungsquelle  $U_H$  zu den Basis-Emitter-Strecken der Leistungshalbleiterschalter T1 bis T6. Da sowohl die drain-source-Strecke des Feldeffekttransistors T7 als auch die Basis-Emitter-Strecke der Leistungshalbleiterschalter als auch die Primärwicklung (I) des Übertragerelementes U2 vergleichsweise niederohmig sind, wird der in dem betreffenden Stromkreis liegende Kondensator C4 sehr rasch aufgeladen,

was einem kräftigen Stromimpuls entspricht. Dieser Stromimpuls ist aus dem in der zweiten Zeile von Fig. 2 dargestellten zeitlichen Verlauf des Stromes  $i_{DS7}$  des Feldeffekttransistors T7 erkennbar. Die vergleichsweise kurz dauernden Stromimpulse, deren Amplitude im dargestellten Ausführungsbeispiel etwa 12 A beträgt, bewirken eine rasche Umsteuerung der Leistungshalbleiterschalter T1 bis T6 in ihren leitenden Zustand. Nach dem Abklingen des Stromimpulses, d.h. nach dem Aufladen des Kondensators C4, wird der Stromwert  $i_{DS7}$  von dem Widerstand R1 bestimmt. Er beträgt im dargestellten Ausführungsbeispiel etwa 0,5 A und dient dazu, die Ansteuerung der Leistungshalbleiterschalter T1 bis T6 während der gesamten Ansteuerzeit sicherzustellen, falls die Schaltung im Leerlauf arbeitet.

Der gleichzeitig mit dem Feldeffekttransistor T7 eingeschaltete Feldeffekttransistor T8 schließt mit seiner drain-source-Strecke einen Rückkopplungskreis für die Leistungshalbleiterschalter T1 bis T6. Dieser Rückkopplungskreis ist - wie erwähnt - von der Sekundärwicklung (II) des Übertrageres U2 gespeist. Der betreffende Strom ist mit  $i_{DS8}$  bezeichnet und in der dritten Zeile von Fig. 2 dargestellt. Er ist lastabhängig, was durch die gestrichelten Linien in dem erwähnten Zeitdiagramm angedeutet wird.

Die Basis-Emitter-Ströme  $i_B$  sowie die Kollektorströme  $i_C$  der Leistungshalbleiterschalter T1 bis T6 sind in der fünften bzw. sechsten Zeile von Fig. 2 dargestellt. Sie sind selbstverständlich ebenfalls lastabhängig, was durch die jeweiligen gestrichelten Linien veranschaulicht werden soll.

Zu Beginn der Ausschaltphase, die dadurch gekennzeichnet ist, daß die Spannung der Taktquelle  $U_{TAKT}$  einen positiven Wert annimmt, wird der Transistor T11 stromlos, während der

Transistor T12 in seinen leitenden Zustand gelangt und mit seiner Emitter-Kollektor-Strecke die Steuerstrecken G - S der Feldeffekttransistoren T7 und T8 kurzschließt, so daß diese nichtleitend werden.

5

Gleichzeitig wird der Feldeffekttransistor T9 durch die Taktquelle  $U_{TAKT}$  in seinen leitenden Zustand gesteuert, so daß die Gegenspannung  $U_G$  an die Basis-Emitter-Strecken der Leistungshalbleiterschalter T1 bis T6 angelegt wird.

10 Durch die Gegenspannung  $U_G$  werden die Basis-Emitter-Strecken in Sperrichtung beaufschlagt, so daß die in ihnen gespeicherte elektrische Ladung rasch abgeführt wird. Der mit  $i_{DS9}$  bezeichnete Strom des Feldeffekttransistors T9 ist in der vierten Zeile von Fig. 2 dargestellt.

15

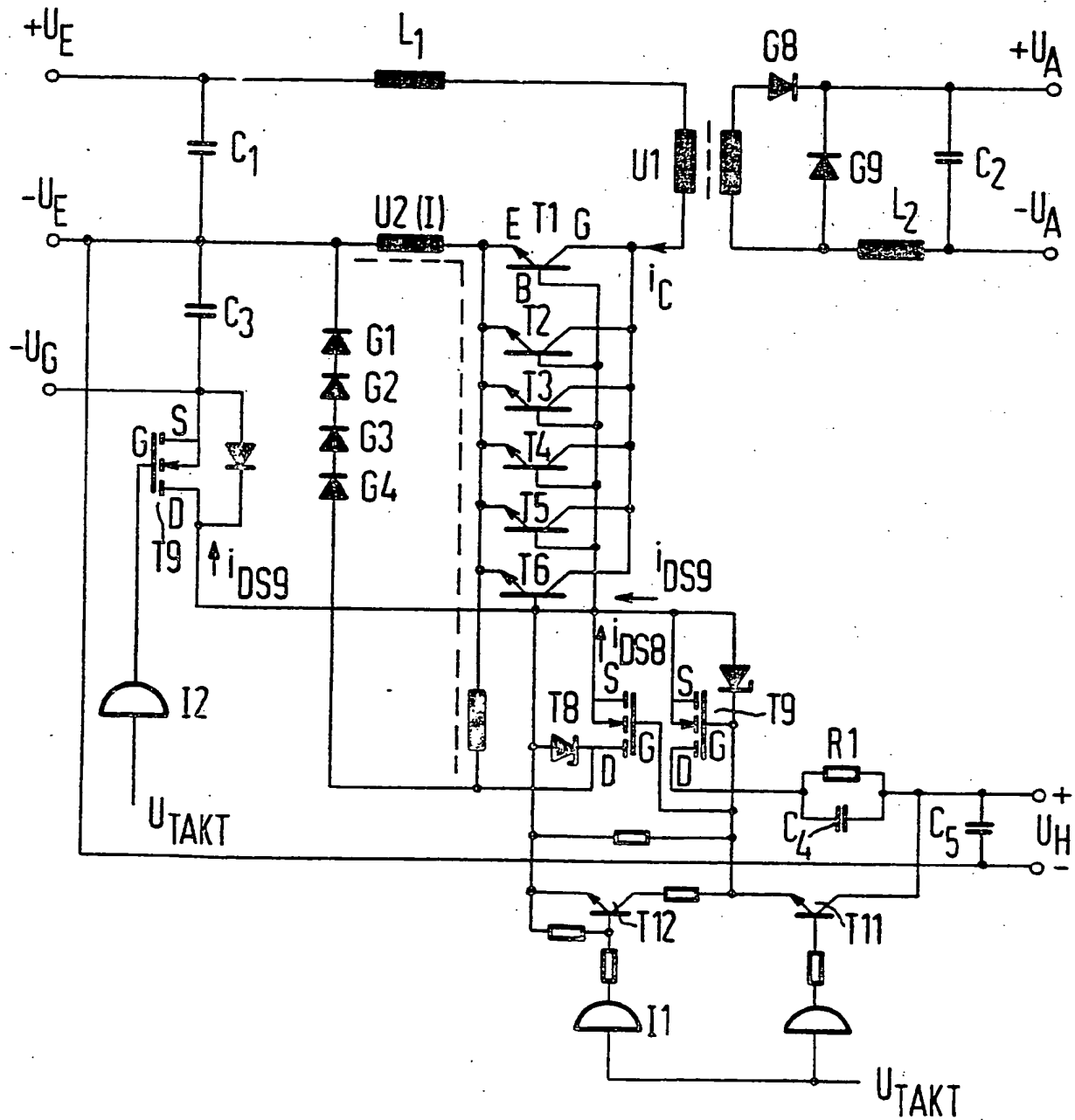
Durch das Stromloswerden des Feldeffekttransistors T8 zu Beginn der Ausschaltphase der Taktquelle  $U_{TAKT}$  würde der in der Sekundärwicklung (II) des Übertrageres U noch vorhandene Rückkopplungsstrom eine sehr hohe Selbstinduktionsspannung entwickeln, welcher der Feldeffekttransistor 20 T8 nicht schutzlos ausgeliefert sein darf. Die parallel zu den Wicklungen des Übertrageres U2 liegenden Gleichrichter G1 bis G4 sind für die der genannten Selbstinduktionsspannung entsprechende Stromrichtung durchlässig und 25 bilden daher für die betreffende Stromrichtung einen niederohmigen Kurzschluß, durch den der Feldeffekttransistor T8 wirksam geschützt wird.

25

Es ist noch darauf hinzuweisen, daß der zu Beginn der Ausschaltphase der Taktquelle in seinen leitenden Zustand gelangende Transistor T12 mit seiner Kollektor-Emitter-Strecke 30 in gewissen Grenzen potentialunabhängig ist, so daß er - unabhängig vom augenblicklichen Potential an der Basis der Leistungshalbleiterschalter T1 bis T6 - ein sicheres Sperren der Feldeffekttransistoren T7 und T8 herbeiführt. 35

- 11 -  
Leerseite

FIG 1



2/2

82 P 2005 DE

FIG 2

